编者按　联合国教科文组织在 2021 年 11 月颁布了《开放科学建议书》，标志着开放科学得到全球大多数国家的一致认可，开放科学治理的要求也得到了普遍认可。在 2021 年 12 月修订的《中华人民共和国科学技术进步法》中，明确将推进开放科学作为发展目标。为全面了解全球开放科学发展态势，搭建我国开放科学治理策略，2022 年 4 月，中国科学院学部设立咨询评议重点项目“开放科学的态势与影响研究”。在中国科学院学部工作局的指导与支持下，基于项目总报告和 4 个专题研究报告，结合我国当前开放科学发展的实践，《中国科学院院刊》特组织并形成了“开放科学发展趋势与治理策略”专题，以期为开放科学提出路线图和政策建议，推进我国开放科学进程，把握全球开放科学发展机遇。

引用格式：杨卫，刘细文，黄金霞，等. 构筑开放科学行动路线图 把握开放科学发展机遇. 中国科学院院刊, 2023, 38(6): 783-794

Yang W, Liu X W, Huang J X, et al. Building roadmap for open science action: Seizing global development opportunities. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(6): 783-794

构筑开放科学行动路线图
把握开放科学发展机遇

杨　卫[1*]　刘细文[2,3*]　黄金霞[2,3]　陈雪飞[2]　常若菲[1]

1 浙江大学　杭州　310027

2 中国科学院文献情报中心　北京　100190

3 中国科学院大学　经济管理学院信息资源管理系　北京　100190

摘要　开放科学已达成全球共识，全球开放科学治理需要中国。为把握发展机遇，文章调研分析全球开放科学发展态势及其对科学界的影响，基于我国开放科学实践案例，阐述我国开放科学发展现状与挑战。据此设计我国开放科学路线图，以开放科研基础设施、开放科学政策为关键抓手，提出推进我国开放科学发展的建议。

关键词　开放科学，全球态势，开放科学路线图，开放科研基础设施，开放科学政策

开放性是科学的本质属性之一，开放科学与现代科学相伴而行[1]。16 世纪末近代科学萌芽，17 世纪科学期刊的出现推动了第一次科学开放变革。20 世纪后期出现期刊订购价格危机，学术界提出科技信息开放

*通信作者

资助项目：中国科学院学部咨询评议重点项目（2022-X01-B-008）
修改稿收到日期：2023年6月5日

获取（OA）理念[2]，2003 年首届柏林开放获取国际会议发布里程碑意义的《关于自然科学与人文科学资源开放获取的柏林宣言》（简称《柏林宣言》）①。2015 年，科学数据共享行动涌现[3]。在 2019 年底突发的全球新冠病毒肺炎疫情中，与新冠病毒肺炎疫情有关的科技信息 OA 比例达到 82%，有力地支持了全球新冠疫苗和药物研究，让全球科技界认识到开放科学是一种加速科学研究的未来科研范式。开放科学的进展在 2021 年得到了关键性推动，联合国教科文组织（UNESCO）193 个成员国批准了《开放科学建议书》[4]，形成全球开放科学治理浪潮。

面向全球科技创新的新形势和国际科技竞争新格局，开放科学成为主要国家加快完善创新生态、抢占未来科技创新高地的重要政策抓手。当前，世界科技强国和新兴国家持续加大对开放科学发展的战略部署，积极探索开放创新发展路径和模式，正在对全球开放科学大生态的构建产生深远影响。我国在 2021 年 12 月修订的《中华人民共和国科技进步法》第九十五条中明确提出“推动开放科学的发展”，从法律层面肯定了开放科学在促进我国科技进步中的重要作用。2022 年党的二十大报告提出“形成具有全球竞争力的开放创新生态”。本文梳理总结了全球开放科学发展态势与影响，针对我国开放科学发展现状与挑战，提出开放科学路线图及行动建议，旨在推进我国开放科学进程，把握全球开放科学发展机遇。

1 开放科学全球发展态势与影响

1.1 开放科学的全球发展态势

（1）开放获取成为科学研究向开放科学转变的机制。开放获取最初仅作用于出版物，当今是作用于全科研过程，以建立知识的开放机制[5]，切实把公共资金投入产出的科研成果迅速转化为社会创新发展能力[6]。全球多种开放获取模式并存，包括欧盟以“S 联盟”（cOAlition S）主导的“阅读与出版”（Read & Publish）开放转换模式，印度以图书馆联盟谈判的“一国一订阅”（One Nation, One Subscription）模式，美国白宫要求政府资助科研成果的“公众获取”（Public Access）模式等。随着数据成为科技创新基础资源，英国以智能型数据开放获取为主的开放科学机制，这种回归科学本质的理念成为趋势[5]。一个国家开放获取程度可能影响整个国家开放科学进程。荷兰在 2017 年提出的国家开放科学计划中、法国在 2021 年提出的第二个国家开放科学计划中，分别宣布到 2020 年、2030 年实现出版物的 100% 开放获取。美国白宫在 2022 年开放获取备忘录中，要求美国联邦资助研究的出版物及其支持数据不迟于 2025 年底提供公众获取，这样的政策突然加速，将对全球出版生态产生重大影响[7]。

（2）开放数据基础设施建设加快推动科学研究范式的转变。科学数据成为战略性资源，科学数据开放共享被广泛纳入到科技政策体系中。2022 年 2 月，欧盟委员会公布新一代数据治理立法《数据法案》（*Data Act*）[8]草案，涉及数据共享、公共机构访问、国际数据传输、云转换和互操作性等规定。基于开放数据基础设施的二次创新成为未来科研组织模式发展趋势。2021 年，美国国家科学技术委员会发布《国家研究和开发设施战略概述》[9]，以科学数据为核心重新定义重大设施构成要素。对于数据资源开放与利用中存在着的隐私、安全等问题，以科研设施牵引的科研信息资产治理正在成为一种解决方法。2021 年，美国国家科学基金会（NSF）发布《研究基础设施指南》[10]，提出将对科研基础设施“信息资产”清查，建立“信息资产”清单，根据其价值、敏感性、分类，在“开放科学网络风险档案”（OSCRP）项目指

① The Berlin Declaration on Open Access. [2023-02-13]. https://openaccess.mpg.de/Berlin-Declaration.

导下识别和管理关键信息资产。

（3）全球开放包容的多元主体治理格局正在形成。UNESCO《开放科学建议书》强调的开放包容内容，正在并将持续引领开放科学治理的未来发展趋势。科学研究的整个过程透明化成为治理的新目标。预注册和注册报告被认为是提供科学过程透明度的两种有前途的开放科学实践[11]。神经影像学界正在采取开放数据存储库和开放实验室笔记本的形式，保证可重复研究[12]。科研基础设施成为开放包容治理对象。英国国家科研与创新署（UKRI）在 2021 年宣布将首批投入 5 000 万英镑开展 17 项研究基础设施建设与升级改造[13]。2022 年，NSF 宣布成立环境数据科学创新与包容实验室，通过将包容性作为核心价值来实现环境数据多样化。开放科学政策成为重要治理工具。2022 年 UNESCO 提出"开放科学政策是实现可持续发展目标的加速器"[14]。欧洲国家开放科学相关政策通常与"开放投入、开放过程和开放产出"这 3 个维度有关，大多数国家采取了"开放产出"保护主义政策[15]。美国白宫将 2023 年定为开放科学年[16]，宣布提供新的资助基金、改善研究基础设施、扩大新兴学者的研究参与度、增加公众参与机会。

1.2 开放科学对科学研究的影响

（1）开放科学正在改变科研范式，提高整个科学系统创新效率。托马斯 · 库恩[17]指出，科研范式是指公认的科学成就，且在某一特定历史时期为科学共同体的成员提供了模型、问题和解决方案（范例），使拥护者脱离科学活动的其他竞争模式。杨卫[18]提出 4 种科学研究象限的开放包容治理与围绕着知识创新链的价值模型，描述了开放的数据主体在知识创新链的发展过程中的若干个动力学方向。全球开放科学的关键问题域可能包括开放资源密集、OA 论文处理费（APC）高成本，以及资助者和研究机构促进开放研究实施的做法等[19]。开放科学正在成为一种策略，在围绕疟疾和热带疾病的开放药物开发中，开放被认为是当前进行生物医学研究的更有效、更道德的方式[20]；开放科学成为了一种工具，FAIR 数据原则为提高研究和创新系统的质量和效率提供着一个非常好的指导原则；开放科学已成为一种方法，欧盟的欧洲开放获取基础设施研究项目（OpenAIRE）和欧洲开放科学云（EOSC）、美国开放科学中心的开放科学框架（OSF）等全球科研基础设施，搭载了多个国家的科研合作项目，已成为新的科研组织机制[21]。

（2）开放科学推动学界开展负责任的研究，提高科学研究的可靠性。开放科学下，透明化的研究过程推动科研人员开展负责任的研究，开放科学成为学术交流的一种内在的"信任机制"，学术成果的公开验证提高了科学系统的鲁棒性。学界推动了许多采用开放科学开展负责任研究、缓解科学研究可重复危机的实践，例如，学界自主的学术交流预印本平台 arXiv、预注册平台，在投稿时开放原始数据和材料，鼓励研究者报告对于重复研究来说至关重要的内容[22]；2014 年，由心理学界组成的促进科研公开与透明委员会（TOP）提出从 8 个方面来衡量学术期刊的透明程序[23]。

（3）开放科学正在推动全球科学的模式，科学研究更加公平包容。开放科学使学术共同体的边界愈加模糊，科学更加具有包容性和公平性。具体体现在：① 对于参与主体身份的包容性和公平性，既包容科学研究系统内跨领域、跨机构、跨地区的合作和知识分享，也包容科学研究系统与不同利益相关体、甚至是非科学研究系统的参与和分享；② 对于科学活动参与程度的包容性和公平性，任何主体在科学研究过程中都可以担任各种能胜任的角色。在一定程度上，实现以上公平性，仍需要"全球思维"，以确保在全球范围采取体系化和有效的变革方法[24]。

2 我国开放科学发展现状与挑战

2.1 我国开放科学的发展及实践现状

2004 年，中国科学院和国家自然科学基金委员

会签署《开放获取柏林宣言》，我国参与全球开放获取运动。2014年，中国科学院、国家自然科学基金委员会分别发布开放获取政策声明，鼓励公共财政资助发表的科研论文开放获取。2021年，我国签署UNESCO《开放科学建议书》。据SCIE（科学引文索引）数据，我国从2019年成为全球OA论文发表数量最多的国家，发文量约占全球OA论文总量的1/4。据Dimensions平台的10年数据（2012—2021年），我国发布的科学数据集数量居全球第2位。我国已成为开放科学贡献大国。

基于项目组在2022年10月向我国科学界征集到的149个开放科学相关实践案例（2002年以来），分析我国开放科学的实践现状。

2.1.1 我国基于开放科学创新驱动的科研实践

对实践案例按照“开放获取”“开放数据”“开放科学治理”3个主题进行统计，发现我国开放科学数据行动较少：“开放获取”案例数量占比35%，围绕着科技成果的开放共享，建设知识仓储、开放出版平台，参与主体涉及图书馆、科研资助机构、期刊和出版社；“开放数据”案例数量占比20%，围绕着科学数据的存储与开放，建设数据平台、制定数据管理政策，参与主体涉及政府、科研机构、高校、企业；“开放科学治理”案例数量占比45%，围绕着开放科学的共识、影响力，打造基础设施、培育社会文化，参与主体涉及政府、科研机构、科研资助机构、高校、科技联盟组织、社会组织。

进一步分析以上实践案例中蕴含的科研模式，发现当前我国科学研究主要存在于2个以公开发表为表征的科学研究象限[18]——组织型科研（高包容度和低开放性）、全球科学（高开放性和高包容度）。在组织型科研模式中，我国科研人员开始习惯于把科研成果投稿于OA期刊，开始参与预印本方式的开放交流。在全球科学模式中，正在形成以“领域联盟组织、资源开放共享、科学大仪器平台开放、数据平台建设、创新产品产生、集体影响力提升”为重要环节的新科研流，比较引人注目的案例是“地球大数据科学工程”，该项目建立了地球科学大数据共享平台，推动地球科学大数据共享，促进地球科学研究及社会经济建设，构建智慧地球，支持联合国可持续发展目标（SDGs）。“全球科学”的案例数量比例占到88%，将可能是我国未来科研模式的趋势。

2.1.2 我国开放科学实践对UNESCO开放科学行动的适应

UNESOC《开放科学建议书》提出7个行动领域。本研究比较了该7个行动领域的52个具体行动与我国开放科学实践，结果表明我国开放科学实践已覆盖7个领域。尤其是在2021年、2022年，我国积极促进对开放科学的共识、咨商，中国科协联合国咨商工作开放科学与全球伙伴专业委员会成立，中国科协出版了主题为“开放科学环境下的学术出版”的《中国科技期刊发展蓝皮书（2021）》《中国开放获取出版发展报告（2022）》。比较结果也发现，我国在7个领域上的行动存在不均衡性，例如：厚植开放科学文化、促进开放科学创新方法等行动案例数量不足；多个行动领域内实践不连续，具体表现在探索开放科学的多样化道路、营造开放科学政策环境、协调开放科学激励措施、投资开放科学人力资源和能力建设上出现较长的空白期。

2.1.3 我国开放科学成熟度在当前全球科研生态中的定位

杨卫等研究提出开放科学成熟度的指标体系（OSRI），来度量世界不同国家或地区的开放科学的时序进展过程②。OSRI指标体系描述了开放获取、开放数据和开放政策的成熟度，指标覆盖

② 杨卫，常若菲，康晓伶，等. 开放科学的成熟度指标体系：理论与模拟. 投稿中，2023.

学术论文产出、学术影响力、大科学装置和大型科学仪器平台、我国出版的科技期刊、数据平台、政策体系、政策影响力。2021 年，OSRI 全球排序为欧盟 27 国、美国、英国、中国、德国、日本、STLCs③、俄罗斯、印度（图 1）。在 OA 成熟度上，欧盟 27 国由于群体效应，具有最大的 OA 论文体量和国际合作体量。在开放数据成熟度上，美国与欧盟 27 国由于在可分享数据量与数据质量上的优势而遥遥领先，中国目前排在第 3 位，主要得益于在可分享数据、购买力和数据的学术质量等 3 个方面的快速上升。我国当前还未出台国家开放科学政策，美国、英国、德国、荷兰等数据大国或出版大国的开放科学政策成熟度明显较高。

为进一步提高开放科学的成熟度，我国有待从 3 个方面改进：① 提高开放获取和国际合作学术产出的份额与体量；② 提升可分享数据的科研成果质量、信息质量与可靠性质量，对可获取数据做好其法律、基础设施和财务方面的能力建设；③ 参与全球开放科学治理，不断提升国家开放政策的竞争力。

2.2 我国开放科学行动挑战

（1）我国在全球开放科学的实质性参与不够，开放科学的目标尚未达成共识。欧盟确保欧洲科学家充分受益于数据驱动型科学，加拿大希望开放科学能最大限度地造福于国家福祉，美国定义开放科学为“向所有人提供科研产出和流程的原则和实践，同时尊重多元文化，维护安全和隐私，促进合作、可重复性和公平性”。在《开放科学建议书》的“开放科学”定义下，我国开放科学尚未明确中国目标，开放科学实践孤岛情况严重，需要建立国家层面的统一行动。当前全球的开放科学治理需要中国，我国应该积极推动开放科学发展进程，提出中国开放科学路线与行动方案，为全球科学研究提供范例。

（2）我国开放获取存在门槛，开放科学机制不足。我国开放获取存在 3 道门槛，包括“推动主体是谁”“如何渐进地弥合价差”“怎样稳定我国出版科技期刊的发展”[1]。我国未强制要求科研成果开

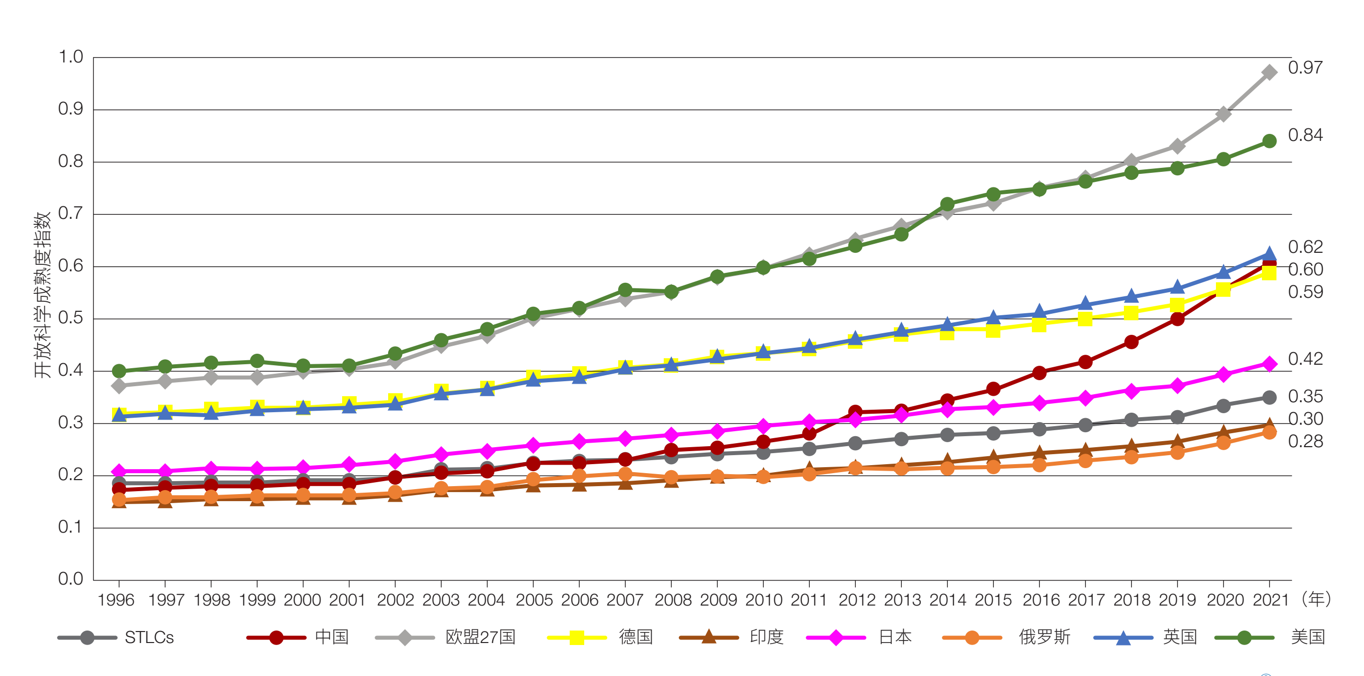


图 1 对应于美国、英国、德国、日本、欧盟、中国、印度、俄罗斯及 STLCs 的开放科学成熟度指数动力学曲线②

Figure 1 Dynamics of OSRI for USA, UK, Germany, Japan, EU27, China, India, Russia, and STLCs②

③ The 66 S&T-lagging countries. [2023-02-13]. https://twas.org/66-countries.

放获取，但我国通信作者发表的OA论文数量逐年增长，据中国科学院文献情报中心发布的《2022年全球OA期刊和APC监测报告》，2022年我国OA发文量约27万篇，年度增长44%。我国开放获取成本还未厘清，2021年我国获取出版物数据的费用约人民币120亿元，包括我国图书馆文献购置费用约90亿元[④]、我国通信作者支付的APC人民币29亿元[⑤]，而全球APC平均价格在2021年与APC成本价[⑥]之间存在2.5倍差异，我国也还未明确文献购置费用的开放转换方式。我国科技期刊对OA出版、预印本、数据仓储建设持观望态度，加上我国科技期刊开放出版技术“缺芯少核”，难以支撑我国作者发文需求，2021年我国作者OA论文的90%发表在国外期刊上。我国已经是全球论文、OA论文的发表大国，有责任推动可信任的科研成果开放共享，通过科研资助机构、图书馆联盟等主体合力开展全球数据的团购谈判，建立我国科研经费中合理APC支出，实现APC支出与文献购置费用之间的合理化转换。

（3）我国支持智能型数据科研的基础设施不足，难以打造全球科技创新合作平台。据不完全统计，到2007年我国先后建成5 000—6 000个规模不等、质量各异的科学数据库[25]，在促进数据重用、促进科研创新和社会开放创新等方面仍面临巨大挑战：各类科学数据描述语法、结构和语义的一致性不够；各类型数据中心、仓储和平台的互联互通不足，还未能形成全国性的数据基础设施；科学数据基础设施服务效能不足；分级分类的科学数据开放政策还未明确，知识产权确认机制未探索清晰，激励数据生产者主动提交高质量科学数据的机制缺乏。急需建立国家层面的开放科学数据中心，实现科学数据基础设施一体化建设。

（4）我国开放科学治理能力不足，不足以支撑开放科学发展环境。我国尚未制定出台专署针对为“开放科学”的政策，已有的开放科学相关政策也较为零散。自“十一五”以来，我国加强科技创新基础能力建设，但侧重科研结果管理，忽略“科研过程”管理。2021年以来，我国加强完善评价激励机制，探索建立动态监测和第三方评估，对基础研究探索长周期评价，完善国内期刊与国际期刊的科技期刊同质等效、分类评价的学术评价机制，但在制定国家级法规制度、创新公益服务环境、推动科研机构实践等行动较弱。在全球开放科学共识下，我国参与全球开放科学治理将进入前所未有的发展机遇期，有待形成完整的开放科学政策体系及持续发展方式。

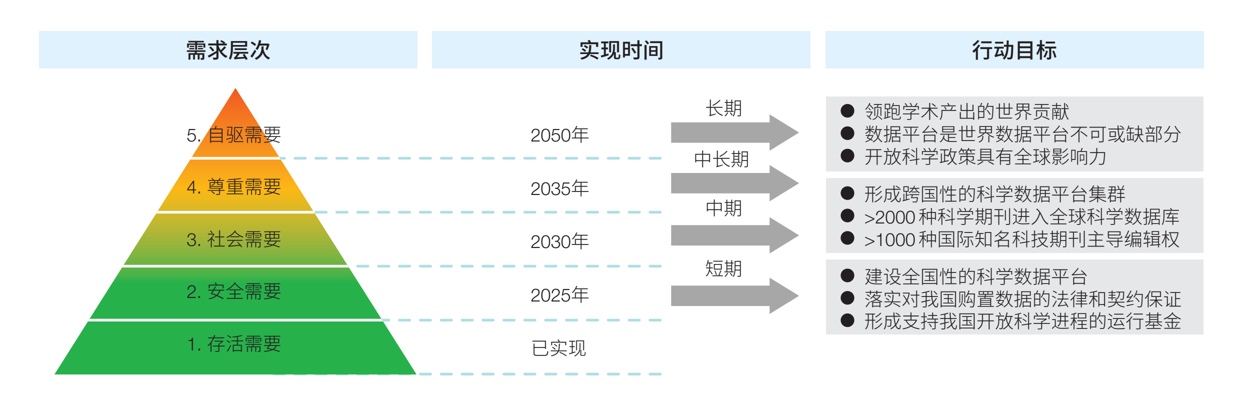


图2　我国开放科学路线图设计
Figure 2　Design of China’s open science roadmap

④ 数据来自笔者团队对我国主要图书馆联盟的调查。
⑤ 数据来自《2021年全球OA期刊和APC监测报告》。
⑥ 数据来自SCOAP3联盟测算。

3 我国开放科学路线图与实施行动

3.1 我国开放科学路线图设计

针对我国开放科学现状与国际发展态势之间的差距、现状挑战，基于马斯洛的需求层次结构理论[26]，采用路线图方法（图 2），来规划与明确我国开放科学的目标、措施以及中长期发展路线。

我国开放科学路线图规划为 5 个层次：

（1）*存活需要*。该层次对应于确保我国得以立足于国际开放科学的大环境。存活需要体现在 3 个方面。① 学术上自立于世界民族之林，成为世界学术贡献一块不可缺少的土壤，其代表指征为：学术产出与我国人口或研究人员的世界占比相适应；学术影响力不低于世界平均水平；开始出现在世界范围内具有不可替代性的、可供多国科学家使用的大型科学仪器及大科学装置平台。② 在科学传播平台上具有可视度，其代表指征为：我国出版的科技期刊得以成规模地进入世界科学数据平台；开始启动具有世界各国科学数据容纳能力的数据平台计划。③ 在科学政策上的适应性，其代表指征为：在政策体系上适应《开放科学建议书》的政策要求；政策影响力受到全球关注。我国已经实现这一层次的要求。

（2）*安全需要*。该层次对应于在国际开放科学的大环境下，我国科学家能得到稳定、安全、有秩序、不间断的数据获取和数据服务保护，安全地容身于国际开放科学的大环境。安全需要体现在 3 个方面。① 学术上自强于世界民族之林，已经成为世界学术贡献一个令人无法轻视的部分，其代表指征为：学术产出不低于世界的 20%，与美国或欧盟大致相当；学术影响力高于世界平均水平；建成若干种世界上独有的大型科学仪器及大科学装置平台。② 在科学传播平台上具有显示度，其代表指征为：我国出版的科技期刊占据世界科学数据平台数据量的 5%左右，形成机器语言翻译能力；形成世界上有显示度的代表性数据平台，初步形成数据安全能力，确保 FAIR 导则的实现，可驳接与我国有产权关联（与中国作者有关的数据及已购置使用权的全球数据）的科学数据。③ 在科学政策上的法律安全性，其代表指征为：可为数据安全提供基本的国际法律与契约保证；形成具有全球博弈力的政策。预计在 2025 年实现对这一层次的全部要求。

（3）*社会需要*。该层次对应于我国科学家得以有效地融入国际开放科学的大环境，成为在国际开放科学社会中受到尊重的一支力量。社会需要体现在 3 个方面。① 学术上的社会地位，其代表指征为：学术产出已形成世界学术产出不可缺少的一极；在 FWCI（领域权重引用影响力指数）与高引用学者等国际影响力指标方面接近于美国或欧盟的水平；成为国际大型科学仪器及大科学装置平台中不可或缺的组成部分。② 在科学传播平台上亦享有世界范围的社会地位，其代表指征为：我国出版的科技期刊在世界科学数据上占据一席之地；形成世界上具有竞争力的数据平台。③ 在科学政策上的社会地位，其代表指征为：形成可融入开放科学全球治理的政策体系；形成具有全球影响力的政策。我国应力争在 2030 年实现对这一层次的全部要求。

（4）*尊重需要*。该层次对应于在国际开放科学的大环境下建立我国的尊严、成就、掌控、独立，地位与威望。尊重需要体现在 3 个方面。① 学术上的尊重地位，其代表指征为：学术产出可以与美国或欧盟实现并跑；在 FWCI 与高引用学者等国际影响力指标上与美国或欧盟相当；在大型科学仪器及大科学装置平台中形成与美国或欧盟并行的形势。② 在科学传播平台上具有世界尊重的地位，其代表指征为：我国出版的科技期刊在世界科学数据上受到全球科学家的尊重；源自中国的数据平台已成为世界数据平台不可或缺的部分。③ 在科学政策上的社会地位，其代表指征为：贡献与联合国安全理事会常任理事国地位相称的开放科学全球治理政策；成为美欧以外的另一极具有

全球影响力的政策策源地。

（5）自驱需要。该层次对应于中国在未来得以自行驱动发展，并得以推动国际开放科学的发展大局，成为全球知识共同体的领航人之一。自驱需要体现在 3 个方面。① 学术上的自驱地位，其代表指征为：形成世界学术产出的领跑一极；在 FWCI 与高引用学者等国际影响力指标方面在世界领跑；得以引领国际大型科学仪器及大科学装置平台的发展。② 在科学传播平台上的自驱地位，其代表指征为：我国出版的科技期刊成为世界科学数据的核心期刊群；成为数据平台强国。③ 在科学政策上的自驱地位，其代表指征为：引领开放科学的全球治理政策；成为全球的政策驱动极。我国离该层次的要求相距尚远，应力争在 2040—2050 年间实现对这一层次的全部要求。

3.2 开放科研基础设施牵引我国开放科学治理

开放科研基础设施是开放科学治理重要对象。《开放科学建议书》定义的开放科学基础设施，是支持开放科学和满足不同社区需要的共享研究基础设施，包括虚拟的基础设施、物理的基础设施。基于我国开放科学路线图，借鉴欧盟 FOSTER 项目的分类[27]，推进我国 5 类开放科学基础设施的协同治理行动（图 3）。

（1）开放获取基础设施支持开放出版、开放仓储等方式的科技资源开放共享，以突破开放知识的“付费墙”障碍、知识产权等问题。治理内容聚焦于推动我国 OA 论文饱满度：① 出台国家开放获取政策；② 推荐复用运行良好的开放获取平台、开放出版平台；③ 升级遇到发展困难的机构知识仓储。

（2）开放数据基础设施支持开放大数据利用和复用，以提供数据监管、开放计算服务。治理内容聚焦于我国可分享数据的学术质量与信息质量：① 制定国家开放数据战略或政策、开放数据激励机制；② 升级已有平台建设开放数据基础设施，在技术和服务能力下力气；③ 基于基础设施管理，牵引数据的隐私、安

开放科学综合基础设施

“中国开放科学发展规划” 或“中国开放科学基础设施建设规划”

- 可持续发展大数据平台
- 政府资助科研成果的公益平台
- 国家科技论文和科技信息高端交流平台

- 大科学工程
- 国际大科学计划
- 国际大型科学仪器及大科学装置平台

开放获取基础设施（科研产出）	开放数据基础设施（科研数据）	开放可重复研究基础设施（科研过程）	开放科学评估基础设施（科研评估）
国家开放获取政策 机构开放获取政策 开放技术培训平台 开放科学为优先事项的数据订购协议	开放科学数据战略	虚拟开放实验室 可重复研究硬件和工具开发	开放研究价值评估 纳入开放科学贡献的科研评估政策
升级国家开放获取基础设施	升级国家科学数据中心体系 升级学科数据平台	开源社区 开源基金会	开发开放评议 开放计量工具
机构知识库 开放获取出版平台 预印本平台 开放教育资源仓储 开放科技期刊	国家科技资源共享服务平台 科学数据仓储 国家科学数据中心 数据期刊 学科大数据平台 (DDE)	科研人员开发支持开放研究的工具包、软件、发布阴性结果	期刊分区表 预警期刊名单 APC合理性检测工具 开放科学成熟度监测模型与平台

图 3　基于我国开放科学路线图的开放科学基础设施治理行动

Figure 3　Open Science Infrastructure Governance Action Based on China’s Open Science Roadmap

绿色部分为已有实践，黄色部分待升级的实践，粉色部分为待开展的实践

green part represents existing practices, yellow part represents practices that need to be upgraded, and pink part represents practices that are planned to be launched

全、分类开放等治理。

（3）开放可重复研究基础设施支持开放工作流、开放可重复研究测试。我国尚没有较知名的开放可重复研究基础设施。治理内容聚焦于我国可分享数据的可靠性质量：① 鼓励和引导实验开放平台建设；② 与我国开源社区充分合作；③ 鼓励科研人员开发支持开放研究的工具包、软件、发布阴性结果。

（4）开放科学评估基础设施支持科学研究价值的评估。我国尚还没有将开放科学纳入科研评估中。治理内容聚焦于科学政策上的适应性：① 建立科学研究绩效评估机制；② 将开放科学贡献纳入科技人员职业发展评估与招聘晋升标准。

（5）综合开放科学基础设施是支撑开放科学云、大科学工程、世界大科学计划在全球范围的实施。治理内容着重于提升国家竞争力：① 出台我国开放科学基础设施建设方案；② 各主体联合打造；③ 明确基础设施的使用条款。

3.3 开放科学政策作为我国开放科学行动抓手

我国存有对开放科学政策的现实需求和长远需求。在我国逐步以"全球科学"模式为趋势的开放科学实践场景中，既存在对科技资源的开放获取治理、数据再利用治理、创新治理的国家政策和配套政策的需求，也存在面向我国开放科学基础设施建设的长远政策需求，包括能催化更多创新主体参与、建立适应全球科学研究的科研全流程服务的国家政策，以及持续资金投入、创新激励等配套政策。我国开放科学政策需要形成较完整的开放科学政策体系及行动策略。

设计我国开放科学政策体系与行动框架。将我国开放科学政策纳入科技创新政策范畴，同时适应 UNESCO 开放科学政策行动领域的 10 个具体行动，来设计我国政策行动推进指标：① 建立层级性制度，从国家政策制定到各参与者执行建设协调机制；② 推动多主体实践，从国家到科研机构/组织开展具体行动；③ 支持创新性保障，建立实施道路上的创新机制。

建立我国开放科学政策行动策略。① 明确开放科学政策涉及的主体，推动当前实践比较薄弱的科研院所、高校这两类开放科学关键主体尽快参与开放科学实践。② 制定国家开放获取政策，要求公共资助科研成果提供公益服务、立即开放获取，制定年度 OA 比例目标、配套政策及实施细则。增强我国机构知识库建设。③ 构建开放数据建设制度，明确开放数据基础设施的要求、原则，在一些关键领域建立数据共享的强制措施，通过顶层设计、统筹管理来提高科学数据的增值能力、全球创新价值。

4 对推进我国开放科学发展的建议

（1）尽快达成我国开放科学目标共识，以路线图方式推进。我国开放科学遵守本国政治、行政和法律框架，以《开放科学建议书》为引导，尊重多元文化，维护安全和隐私，促进国际合作，降低由科研诚信、知识产权等问题带来的成本，改善科学与社会的关系，构建人类命运共同体。我国开放科学发展设立短期（2025 年）、中期（2030 年）、中长期（2035 年）、长期（2050 年）目标，解决我国科技创新中的安全需要、社会需要、尊重需要乃至自驱需要，以科研成果产出、大科学装置、数据中心、国家政策、运行基金、影响力为我国开放科学要素，开展开放科学基础设施治理。

（2）以开放获取机制推进开放科学，发布国家开放获取政策。明确开放我国科技创新流程产生的、由政府资助的学术出版物、开放数据、开源软件、源代码、开放硬件、开放平台，以及我国自主研制的标识符、数据规范。倡导全球开放获取，到 2025 年实现我国科研产出的 100% 开放获取（其中全文开放获取 50%）。制定发布国家开放获取政策及配套政策。支持知识仓储建设，支持国家开放数据中心建设，提供公益性服务、高水平国际合作。设计科研资助中开

放出版、数据管理等管理办法。逐步提高R&D经费中的开放获取投入比例，保障对开放科研基础设施建设与服务的持续投入。

（3）制定我国开放科学行动方案，关键主体各司其职。科研资助机构、图书馆等加快编制数据获取协议，启动谈判和团购，协同支付数据订购费用和合理APC，协同打造开放获取平台。领域数据平台、企业数据中心等建设国家开放数据中心，并以基础设施驱动数据资源治理。大科学装置平台、科研机构、高校、国家实验室等探索建设开放工作流、开放可重复研究测试的平台或工具。科技管理部门、资助机构等研究科技评估体系，设计对科研群体的开放科学评价指标、奖励机制。多主体联合打造综合开放科学基础设施，支持大科学工程、国际大科学计划在全球范围的实施。

（4）成立多部门联合工作组，协调推进总体工作。成立由国家多部门组成的联合工作组、专项任务工作小组，设立国家开放科学协调员。让全球了解中国开放科学行动，让公众了解国家开放科学计划、资助机会，保障国家政策与行动在各机构的落实、协调，管理开放科学运行资金的使用，组织监测评价开放科学发展进程。尽快培育和推出中国优秀开放科学实践案例，推荐到全球，实现中国贡献。

参考文献

1 杨卫. 中国开放科学的两大考验、三道门槛、四条途径. 中国科学报, 2022-10-19(01).

Yang W. The two great tests, Three thresholds, and four paths of open science in China. China Science Daily, 2022-10-19(01). (in Chinese)

2 Suber P. Open Access. Cambridge: MIT Press, 2012.

3 黄磊, 赵延东, 何光喜. 从开放获取到开放科学的变化与挑战——基于多指标比较的文献计量分析. 科技管理研究, 2020, 40(11): 241-251.

Huang L, Zhao Y D, He G X. Knowledge mapping from open access to open science with multiple indicators: Challenges and changes. Science and Technology Management Research, 2020, 40(11): 241-251. (in Chinese)

4 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO recommendation on open science. (2022-11-26)[2021-11-30]. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949.

5 赵昆华, 刘细文, 龙艺璇, 等. 从开放获取到开放科学：科研资助机构的理念与实践. 中国科学基金, 2021, 35(5): 844-854.

Zhao K H, Liu X W, Long Y X, et al. From open access to open science: Notion and practices of national science & techonology funding agencies. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2021, 35(5): 844-854. (in Chinese)

6 Konkiel S. Tracking the impacts of data—Beyond citations. (2014-10-28)[2022-02-13]. https://blog.ourresearch.org/data-impact-metrics/.

7 Brainard J, Kaiser J. White House requires immediate public access to all U.S.-funded research papers by 2025. (2022-08-26)[2022-08-29]. https://www.science.org/content/article/white-house-requires-immediate-public-access-all-u-s--funded-research-papers-2025.

8 European Commission. Data act: EU proposes rules for accessing and sharing industrial data. (2022-02-23)[2022-10-11]. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/data-act-proposal-regulation-harmonised-rules-fair-access-and-use-data.

9 National Nanotechnology Initiative. 2021 national nanotechnology initiative strategic plan. (2021-10-08)[2022-10-11]. https://www.nano.gov/2021strategicplan.

10 National Science Foundation. Research infrastructure guide. (2021-12-10)[2022-10-11]. https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf21107.

11 Reich J. Preregistration and registered reports. Educational Psychologist, 2021, 56(2): 101-109.

12 Beauvais M J S, Knoppers B M, Illes J. A marathon, not a sprint - neuroimaging, Open Science and ethics. Neuro Image, 2021, 236(8): 118041.

13 UK Research and Innovation. Infrastructure investments to boost UK research and innovation. (2021-06-21)[2022-10-11]. https://www.ukri.org/news/infrastructure-investments-to-boost-uk-research-and-innovation/#:~:text=UKRI%20is%20investing%20£50%20million%20into%20a%20portfolio,to%20boost%20the%20UK’s%20research%20and%20innovation%20capabilities.

14 First meeting of the UNESCO working group on open science policies and policy instruments. [2022-11-21]. https://www.unesco.org/sites/default/files/ medias/fichiers/2022/05/Objectives_of_the_WG_on_OS_Policies_and_Policy _Instruments.pdf.

15 Moradi S, Abdi S. Open science–related policies in Europe. Science and Public Policy, 2023: scac082.

16 The White House. OSTP launches year of open science to advance national open science policies across the federal government in 2023. (2023-01-11)[2023-02-01]. https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2023/01/11/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-new-actions-to-advance-open-and-equitable-research/.

17 托马斯·库恩. 科学结构的革命. 金吾伦, 胡新和, 译. 北京: 北京大学出版社, 2012.

Thomas K. The Structure of Scientific Revolutions. Translated by Jin W L, Hu X H. Beijing: Peking University Press, 2012. (in Chinese)

18 Yang W. Open and inclusive science: A Chinese perspective. Cultures of Science, 2021, 4(4): 185-198.

19 Cole N L, Reichmann S, Ross-Hellauer T. Toward equitable open research: Stakeholder co-created recommendations for research institutions, funders and researchers. Royal Society Open Science, 2023, 10(2): 221460.

20 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Open Science by Design: Realizing a Vision for 21st Century Research. Washington, DC: National Academies Press, 2018.

21 Nosek B A, Alter G, Banks G C, et al. Promoting an open research culture. Science, 2015, 348: 1422-1425.

22 Capps B. Where does open science lead us during a pandemic? A public good argument to prioritise rights in the open commons. Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics, 2020, 30(1): 11-24.

23 Shaw D L. Is open science the future of drug development?. Yale Journal of Biology and Medicine, 2017, 90(1): 147-151.

24 LeBel E P, McCarthy R J, Earp B D, et al. A unified framework to quantify the credibility of scientific findings. Advances in Methods and Practices in Psychological Science, 2018, 1(3): 389-402.

25 张红. 我国科技资源共享的现状及其分析. 科技与法律, 2007, (2): 18-24.

Zhang H. Present situation and analysis of scientific and technological resources sharing in China. Science-Technology and Law, 2007, (2): 18-24. (in Chinese)

26 Maslow A H. A theory of human motivation. Psychological Review, 1943, 50(4): 370-396.

27 黄金霞, 赵展一, 王昉. 从开放科学路线图分析到开放科学道路决策方法设计. 农业图书情报学报, 2020, 32(12): 5-19.

Huang J X, Zhao Z Y, Wang F. Analysis on open science roadmap and design on decision-making method of open science road. Journal of Library and Information Science in Agriculture, 2020, 32(12): 5-19. (in Chinese)

Building Roadmap for Open Science Action: Seizing Global Development Opportunities

YANG Wei [1*] LIU Xiwen [2,3*] HUANG Jinxia [2,3] CHEN Xuefei [2] CHANG Ruofei [1]
（1 Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;
2 National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
3 Department of Information Resources Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China ）

Abstract Open science has reached a global consensus, and global open science governance requires the active participation of China. In order to seize development opportunities, this study analyzes the global trend of open science development and its impact on the scientific community. Based on practical cases of open science in China, the current situation and challenges of open science development in China are addressed. A roadmap for open science in China is designed, with open research infrastructure and open science policies as key supports. Recommendations for promoting the development of open science in China are proposed.

Keywords open science, global situation, open science roadmap, open research infrastructure, open science policy

杨 卫 中国科学院院士，发展中国家科学院院士，美国工程院外籍院士。浙江大学教授，中国科协联合国咨商开放科学与全球伙伴专委会主席（CCOS）。主要从事固体力学、交叉力学、空天结构、研究生教育、研究诚信、开放科学等研究。E-mail：yangw@zju.edu.cn

YANG Wei Professor of Zhejiang University, Member of Chinese Academy of Sciences and, Fellow of the World Academy of Sciences for the advancement of science in developing countries (TWAS), and Foreign Member of National Academy of Engineering (USA). He also serves as the Founding Chair of CAST UN Consultative Committee on Open Science and Global Partnership (CCOS). His current areas of expertise include solid mechanics, X-mechanics, aero-astro structures, graduate education, research integrity, and open science.
E-mail: yangw@zju.edu.cn

刘细文 中国科学院文献情报中心主任、研究员，《智库理论与实践》主编，《科学观察》主编，中国科学院大学特聘岗位教授。主要从事科技战略情报研究、信息政策、竞争情报和技术竞争情报研究、产业技术战略和区域创新战略研究。E-mail：liuxw@mail.las.ac.cn

LIU Xiwen Director of National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Editor-in-Chief of *Think Tank Theory and Practice*, Editor-in-Chief of *Scientific Observation*, and Distinguished Professor of the University of Chinese Academy of Sciences. His current areas of expertise include scientific and technological strategic intelligence research, information policy research, competitive intelligence and technical competitive intelligence research, industrial technology strategy and regional innovation strategy research. E-mail: liuxw@mail.las.ac.cn

■责任编辑：张帆

*Corresponding author